水稻節水栽培之可行性探討(四)

陸稻的利用

◎農試所農藝組　張芳銘　楊純明

一、前言

陸稻(upland rice)，亦稱旱稻(dry land rice)，泛指能適應生長於無垠旱地、坡地及乾旱生態環境下的栽培稻型(類)。陸稻通常種植於熱帶、亞熱帶的山區、半山區的坡地、臺地或溫帶的少雨旱地，而從考古發現其原始栽培至少可追溯到7000年前。根據統計1990年代全世界陸稻種植面積約1,900萬公頃，占栽培稻總面積12.7%，其中亞洲1,216萬公頃(占64%)，主要分佈在南亞和東南亞;拉丁美洲475萬公頃(占25%)，主要種植于巴西、哥倫比亞和智利；非洲209萬公頃(占11%)，主要分佈於西非。

有關陸稻之起源目前尚無定論，略有三種說法：(一)陸稻與水稻原為同一物種，後因生育環境不同而各向不同方向發展，經過變異及生態淘汰，遂分化為特別適應於乾旱環境之陸稻。(二)Watt (1891)將印度型野生稻分為*Oryza granulata* Ness.、*O. officinalis* Wall.及*O. sativa* L.等三種。其中*O. granulata*生於乾燥土壤之土地及高地，稱為木稻(wood rice)。陸稻係由*O. granulata*與*O. sativa* 雜交之後逐漸演化而來。(三)介於*O. officinalis*、*O. granulata*及*O. sativa*之中間型，因許多*O. sativa*栽培稻具有*O. officinalis*之若干特性(如纖形花序、長穗頸、穎上有毛)，陸稻品種中亦多見，故主張陸稻或由*O. officinalis*及*O. sativa*雜交而來。

二、陸稻在南亞的栽培

在南亞的國家裡，水稻是主要的作物，提高稻作生產是非常重要的課題。而依照水分供給狀況，將水稻生產系統分成灌溉水稻系統(irrigated rice)、雨灌水稻系統(rainfed rice)、深水水稻系統(deep water rice)及陸(旱)稻系統(upland rice)等四類。以灌溉水稻系統之產量最高，陸(旱)稻系統之產量最低。分析陸稻低產原因，在於陸稻生產區域位於水源不易取得的山區，往往一年只有一作，而且陸稻生產並未施肥，所以每個生產農田必須休耕一段長時間才能生產(表一)。

在這四類生產系統中，灌溉水稻系統及雨灌水稻系統就佔了全部生產量的95%以上，顯示在水源供應穩定的地區，多是以此二類生產系統為主。陸稻系統及深水水稻系統具有糧食安全(food security)及特殊地域適應性的意義，對於特定地區自有其需要與貢獻。

作　　者：楊研究員純明
聯絡電話: 04-23302301-135

在東南亞地區約有4,030萬公頃農地(佔總土地面積45 ％)種植水稻，其中1,602萬公頃屬於灌溉水稻系統，1,980萬公頃是雨灌水稻系統，深水水稻系統約有213萬公頃，陸稻系統則約有232萬公頃。其中，印尼、越南及菲律賓等國以灌溉水稻生產爲主，泰國、緬甸及印尼擁有最高的雨灌水稻生產面積，印尼、越南及緬甸亦有相當數量之陸稻生產(表二)。

三、臺灣栽培稻之來源

臺灣栽培稻(*Oryza sativa* L.)之來源可能有四個途徑：(1)由臺灣原住民於東南亞漁撈航海移居臺灣時攜來，屬秈型及爪哇型或熱帶稻；(2)由歷代漢人移民臺灣或藉經商之便帶來，包括水、陸稻，計有秈、稉、糯稻三種；(3)日據期間由日本引進，經試驗研究育成適合臺灣環境之稻種(當時日人爲迎合臺灣民情，在臺灣育成的稻米統稱爲蓬萊稻(蓬萊米)，因古時中國人稱臺灣爲蓬萊仙島)，並將當時臺灣原有之秈稻、中國稻及爪哇稻統稱爲在來稻或台灣稻；(4)臺灣光復後陸續由中國大陸及其他國家引種，再與現有秈、稉、糯稻雜交育出的新品種。這些近幾十年來的新育品種，因在抗病、抗倒伏、抗逆境、產量及品質均有突破性的改良，使得先民及日據時期遺留的品種逐漸在農家被淘汰而絕跡，證實水稻品種改良的輝煌成就受到肯定。

漢人移居臺灣時，不但攜來各地稻種，甚至帶來各種稻作栽培所用之農器具及牛、家禽畜等。由於當時稻種絕大部分均以閩南語發音，且以漢字書寫，可推斷多自福

表一、比較四種水稻灌溉系統之生產力

灌溉系統	產量(公噸/公頃)	作季/年	休耕期(年)	生產力(公噸/公頃/年)
灌溉水稻	5.0	2.5	0	12.5
雨灌水稻	2.5	1	0	2.5
深水水稻	1.0	1	0	1.0
陸稻[z]	1.0	1	8	0.12

[z] 生長於砍伐後燃燒栽培系統，通常栽植於山坡地。(資料來源：摘自Mutert and Fairhurst, 2002)

表二、1995年東南亞洲之灌溉、低地(RLLR)、旱地及其他稻作栽植系統之面積統計

單位：千公頃

國家	灌溉(%)		雨灌(%)		旱地(%)		淹灌(%)		總面積
高棉	154	(1.0)	1124	(5.7)	33	(1.4)	614	(28.8)	1924
印尼	6154	(38.4)	4015	(20.2)	1247	(53.8)	23	(1.1)	11439
寮國	40	(0.2)	319	(1.6)	201	(8.7)	—		560
馬來西亞	445	(2.8)	152	(0.8)	84	(3.6)	—		681
緬甸	1124	(7.0)	4166	(21.0)	252	(10.9)	602	(28.2)	6144
菲律賓	2334	(14.6)	1304	(6.6)	120	(5.1)	—		3759
泰國	2075	(13.0)	6792	(34.2)	36	(1.6)	117	(5.5)	9020
越南	3687	(23.0)	1955	(9.9)	345	(14.9)	778	(36.4)	6766
合計	16015	(100)	19827	(100)	2318	(100)	2134	(100)	40293

(資料來源：摘自Mutert and Fairhurst, 2002)

建引進，且屬大陸沿海秈稻。其次係來自兩廣山區移民，客家人爲主，攜來之稻種多屬於山區之中國稻，種類以秈型最多，糯稻居次，陸稻最少。這些在來稻種後來經過日人之收集統計，多達1,679個，去除少數在不同地方及期作別重複者、異字同音者或同一品種因異地而異名者，歸併整理成1,197個品種，概括爲第一、二期作、中間作及陸稻。各期作水稻及陸稻又分爲秈稻(日人稱台灣稻)及糯稻兩型，分別有882及315品種，而屬於第一期作者分別有379及103品種，第二期作者有444及136品種，中間作者有55及25品種，陸稻則有104及51品種。經過兩次米種改良後，僅保留限定(優良)品種286種，概括第一、二期作及中間作與糯稻。

四、先民時期陸稻之利用

先民時期包括原住民及漢人移臺時期，直播栽培均以陸稻爲主，多於水源缺乏又無灌溉設施之平地及坡地採行。在先民時期的栽培面積現已無記載資料可供查考，據推測由於宋至清末期間水利開發尚未普及，因此全島採用直播者可能約在10萬公頃。至於日據時期，陸續興築不少水利設施，各地水利會亦相繼成立，農田灌溉管理的加強使得直播式陸稻紛紛改爲移植式水稻，也另擴增出許多水田面積。日據初期(明治33年，1900)時稻田面積約32萬公頃之譜，隨即逐漸增加到高峰期(昭和11年，1936)的68萬公頃，直播陸稻亦由初期的2萬多公頃增加到4萬多公頃(大正15年，1926)。在這之後陸稻栽培面積未再增加，反而遞減至光復前的1萬4千多公頃，水稻栽培面積則仍保持在60萬公頃。由此可見，直播陸稻栽培已逐漸被移植水稻栽培所替代，主要原因在於耗力費工的除草問題，而且產量低又不穩定，抵消了直播栽培的省工誘因。

臺灣光復後，由於社會結構及經濟情勢的變遷，稻米生產措施曾作多次調整。在光復初期至民國四十年代末期糧荒嚴重，政府爲了安定社會，充分供應軍民糧食，乃積極執行各種稻米增產措施。然而，陸稻栽培因受到先天限制及產量不穩定影響，栽培面積並未大幅增加，只栽植於山坡地梯田、嘉南沿海地區及零星無灌溉設施之看天田。其後，由於人工除草費用上升，鼠鳥害防治不易，陸稻直播栽培在民國七十年代起幾成絕跡。

五、陸稻與水稻之差異

陸稻之生育環境以在生育期間維持高氣溫、多日照、高濕度及常有驟雨的天候狀態爲宜，而影響陸稻豐歉之主要氣象因素爲分蘗盛期之降雨量，抽穗期間的降雨對陸稻收量亦有助益，抽穗期前後20天左右的降雨量與產量具有高度正相關。土層深厚、富含腐植質且保水力強的壤土、腐植土及黏土，較適合陸稻栽培。砂質壤土水分易滲漏流失，密實厚重之黏土不利發芽整齊，富水分之濕地易使陸稻生育緩慢、生育期延長且產生冷害，皆不利於栽培陸稻。一般言，陸稻對酸性土壤抵抗力強，但對鹼性土壤抵抗力弱。

陸稻與水稻有許多外觀形態及生育性狀上的差異，分別爲(1)種子發芽(2)幼苗形態(3)根系(4)葉(5)分蘗(6)開花特性及其他等六項差異比較之：

1. 種子發芽之差異：水稻及陸稻皆可在空氣與水中發芽，惟水稻在水中發芽表現優於陸稻，空氣中發芽表現則以陸稻較佳。在發芽、發根上，陸稻品種對低溫之敏感性低於水稻品種，以30℃爲發芽最適溫度。陸稻對發芽床濕度要求低於

水稻，換言之，陸稻種子吸水力強於水稻種子。

2. 幼苗形態之差異：水稻與陸稻之幼苗形態構造稍有不同，一般水稻幼苗之鞘葉發育優於陸稻幼苗，而陸稻之第一本葉發育則較水稻者旺盛。
3. 根系形態之差異：在標準湛水狀態栽培時，水稻根在出穗前呈扁平橢圓形，出穗後呈倒卵形，可深達地下60公分。而在旱地栽培時，水稻根在出穗前呈縱形橢圓，出穗後呈縱形或橫形混合之根系。旱田生長的陸稻根群，起初爲縱形、後呈橫形、最後縱伸而呈縱橫型。所以，陸稻根群之形態與水稻在乾燥土壤所發育之根群類似，只是陸稻根較水稻根更加縱伸而延長，具有較高滲透壓可以萃取較乾旱土壤水分。又陸稻根系發達，鬚根粗而長，入地深度可達1米以下，能夠有效地吸收土壤中的水分及養分。
4. 葉之差異：陸稻之葉身自先端1/3附近表現懸垂性較水稻懸垂性高，這是由於葉身厚度、維管束大小及機械組織發育程度等差異所造成。陸稻葉身小維管束內機械組織發生百分率約80~90%，癒合百分率約50~80%；水稻品種維管束內機械組織發生百分率及癒合百分率約90~100%。顯見機械組織發育不良之品種，抗旱性較強。再者，陸稻葉內細胞液的濃度較高，對水分減少的耐性較強，當水分補充時可快速恢復正常生長。
5. 分蘗之差異：通常陸稻之分蘗數少於水稻，且抽穗期及成熟期較不整齊。有些陸稻品種之第一本葉葉腋發生極弱勢的第一分蘗，第四本葉及以下本葉葉腋所發生的分蘗有較強生長勢，較高位本葉葉腋所發生的分蘗生長勢則不如水稻品種。
6. 開花特性之差異水稻、陸稻開花皆自午前8時開始、午後3時終止，午前開花極旺盛、午後銳減。開花最盛時期，陸稻在午前10時至11時，水稻則在午前11時至正午，且10時以前開花之傾向陸稻亦大於水稻。
7. 其他差異：(1)一般陸稻較水稻早熟。(2)陸稻莖葉生育良好。(3)陸稻比水稻穗大，且一穗粒數多。(4)陸稻米腹白較多，糙米重比水稻低。(5)陸稻比水稻米質較粗糙，色澤及食味較差。(6)陸稻比水稻碳水化合物較少，蛋白質、纖維及灰分較多。

六、陸稻可利用之優點

陸稻是栽培稻中一種特殊的生態類型，通常在旱地進行直播，全靠自然降雨或於乾旱到達一定程度時輔以適量灌溉即可，其種植管理方式類似於小麥。在熱帶、亞熱帶地區如東南亞、西非、南美和南中國等地，一般不需灌溉。在溫帶如大陸北方，陸稻生長季節雨水偏少，乾旱頻發，持續時間也較長，則須灌溉2-3次。其單位面積灌水量，係「水稻」的1/5以下，甚至更少。

當然陸稻也可育秧移栽，其在水田產量高於旱地者，耐旱表現也優於水稻。因此，在水源不足或降水(雨)不穩定地區，不失爲另一種維繫糧食供應的取代方式。倘若國內能接受現有篩選出的優良陸稻米質，將可立即栽植於邊際地區或無法栽植水稻的缺糧地區，發揮救急功效。由於陸稻多採取旱田直播方式，避免了傳統水稻的育秧移栽，將更適合現代機械化作業，大幅節省工資、肥料和育苗等支出。有些陸稻品種的米質優良，

雖然生長在旱地，但其米粒外觀、食味、口感與水稻並無多大差異，甚至尚有食味優於水稻者。

大致上陸稻比水稻耐瘠，在旱地生長具有需氮肥較少、苗期生長速度快、植株生長勢旺等特點，對多種土壤逆境因素(如缺鋅、缺鐵或鋁錳毒害等)較不敏感，因而產量穩定。一些耐瘠性強的旱稻品種更常被選爲“先鋒作物”，在新墾的旱地上種植，如東南亞和南美的一些國家即是如此。某些陸稻品種另具耐鹽鹼特性，在pH 8-9的土壤仍然生長良好，所以陸稻可以廣泛栽植於雨水充沛或具備一定灌溉條件的不同類型旱地，包括沙、荒、坡、鹽鹼地。陸稻並具有較發達的內生通氣組織，比一般旱作物如玉米、小麥、大豆等耐淹，故更適於低窪易淹水地區種植。陸稻還能與多種旱作物間作，提高單位面積產量及土地利用率，豐富旱地立體種植結構，拓展稻作生產空間，亦產糧食生產增加一條新途徑。

上述特點與獨特優勢是水稻不能比擬的，其他旱作物亦無以替代。隨著全球氣候溫暖化，水資源日益短缺，以及世界人口的爆炸性增長，傳統水稻生產將面臨越來越嚴重的乾旱威脅，然而對稻米的消費需求卻與日俱增。因此，陸稻生產正受到許多國家尤其是第三世界國家的重視，全球陸稻種植面積已逐步擴大，估計目前已達2,000萬公頃，占稻作總面積的14% 。

七、結語

現有陸稻品種大多歷史悠久，生長在遠比水稻惡劣的環境，加上栽植管理粗放，使其單位面積產量一直偏低，每公頃產量一般只有1-2公噸。雖然目前陸稻年總產量微不足道，僅能滿足全球人口的1/60(約1億)年消費需求，但隨著各產稻國及有關國際研究機構對陸稻品種的積極改良，近二、三十年來已有長足進展。加上生產條件的不斷改善，近年來陸稻產量已迅速提高，無論在西非、南美或亞洲，改良陸稻品種每公頃產量已可達3-4公噸，甚至5-6公噸。諸如西非的”IRAT109”、日本的”農林陸糯12”、泰國的”Sumajan”及巴西的”IAPAR9”等，均是較豐產的陸稻品種。

未來陸稻的發展可能還將引發一場水稻生產技術體系的新變革，隨著陸稻育種水準及栽植技術的不斷提升，將使得陸稻產量越來越逼近水稻，促使傳統水稻生產面臨新的挑戰和抉擇。當陸稻的耐旱遺傳特性轉移融合於水稻，必將使水稻的灌溉需求發生改變，而影響水稻的水分管理技術。通過生物技術將陸稻或其他植物的耐/抗旱基因的導入，預料將加速水稻生產特性的變革。

八、參考文獻

王化琪 等。2001 。農業發展新技術與農業結構調整。第一版。中國農業大學出版社。

盧守耕。1956 。稻作學。p.516-534. 中正書局編印，臺北市

鄧耀宗。1999 。臺灣稻作發展史。臺灣省政府農林廳發行，豐年社編印，臺北市。

Mutert, E. and T.H. Fairhurst. 2002. Better Crops International 15:12-17.

International Rice Research Institute. 1975. Major Research in Upland Rice. Los Banos, Philippines.

Wang, H.Q and S.X. Tang. 2000. Upland Rice Research Consortium Review and Synthesis Meeting and Aerobic Rice Workshop. September 4-8, 2000. IRRI, Los Banos, Philippines.